

ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОСУШЕННЫХ МЕЛКОЗАЛЕЖНЫХ ТОРФЯНИКОВ ПРИ ИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Торфяники, как природное образование, формируются условиями водного питания и геоморфологическими условиями территории. В отличие от монотонной дневной поверхности болота подстилающие торфяную залежь породы имеют резко выраженный западинный мезорельеф, повышенные элементы которого в ряде мест выступают к поверхности в виде заболоченных грив с маломощным слоем торфа, рис. 1.

Осушение и последующее сельскохозяйственное использование торфяных почв изменяет почвообразовательный процесс болота. Накопление органического вещества торфа сменяется процессами его физико-химических превращений и физического уплотнения. При этом изменяются водно-физические и агрохимические свойства торфяной залежи. Осушение торфа обуславливает в первую очередь изменение плотности вследствие устранения архимедовых сил, возрастания сил давления вышерасположенных слоев и капиллярных сил. Непрерывность физико-химических превращений торфа обуславливает изменение водно-физических и агрохимических свойств во времени. На мелкозалежных торфяниках, в связи с геоморфологической приуроченностью исходной мощности торфяника к рельефу подстилающих торф минеральных грунтов, происходит припахивание их и образование органоминеральных почв. Свойства этих почв в значительной мере определяются степенью их минерализованности. Исследования, проведенные на Полесской ОМС [4, 8], показывают, что основные водно-физические свойства этих почв наиболее тесно согласуются с величиной их зольности.

Изменение водно-физических свойств торфяной залежи во времени приводит к существенным изменениям гидрологиче-

ского режима осушенных торфяников. Изменяется рельеф поверхности почвы, формируется мезорельеф с западинами и повышенными элементами, перепад между которыми может быть до 1.5–2.0 м. В весенний период во время снеготаяния и во время выпадения обильных дождей на таких участках формируется поверхностный сток, затапливая посевы в понижениях. Это приводит к снижению урожаев зерновых и гибели пропашных, что имело место в 1993 г. на Полесской ОМС.

С целью установления количественных характеристик гидрологического режима осушенных торфяных почв было проведено изучение формирования поверхностного стока и инфильтрации в период снеготаяния в весенние периоды 1986 – 1988 гг. на Полесской ОМС на участке, осушенном дренажем. Проводился комплекс наблюдений: за водным режимом, промерзанием, температурой почвы, запасами воды в снеге, водно- и теплофизическими характеристиками мерзлой и талой почвы. Обстановка, которая складывалась перед весенним снеготаянием в годы наблюдений, была следующей.

Стабильная отрицательная температура воздуха в течение зимы 1985–1986 г. способствовала формированию "глубинного" запирающего слоя мощностью от 11 до 18 см, образование которого связано с притоком влаги в мерзлую зону от уровня грунтовых вод [1].

Зима 1986–1987 г. характеризуется не устойчивым температурным режимом, что способствовало формированию запирающего слоя у поверхности почвы. Мощность запирающего слоя колебалась от 13 до 19 см.

Зима 1987–1988 г. была малоснежной, что привело к глубокому промерзанию почвы. Запирающий слой не образовался в пяти точках из наблюдаемых шести, табл. 1.

Инфильтрация через мерзлый слой торфяной почвы наблюдалась ежегодно, табл. 2.

В весенние периоды 1986 и 1987 г. к концу снеготаяния в понижениях рельефа сформировались лужи следующих размеров, табл. 3.

Длительность обсыхания луж составляла от 1 до 14 сут, в местах формирования луж выход УГВ к поверхности наблюдался в двух точках, табл. 4.

Таблица 1. Характеристики промерзшего слоя торфяной почвы перед снеготаянием

Дата определения	Точки	Глубина промерзания	Запирающий слой		Средняя объемная влажность, %	Средняя температура, °С
			мощность, см.	глубина залегания, см		
04.03 1986 г.	1	30	10	10	69.5	-1.0
	2	34	12	4	73.1	-1.1
	3	33	18	0	72.1	-1.7
	4	33	11	4	72.3	-1.3
	5	36	12	5	70.6	-1.3
	6	35	13	5	68.5	-1.5
03.03 1987 г.	1	23	9	3	66.7	-2.5
	2	29	18	0	68.5	-4.4
	3	33	17	0	71.5	-4.3
	4	23	14	0	72.3	-3.5
	5	26	16	0	72.2	-3.9
	6	30	14	0	68.9	-3.5
15.03 1988 г.	1	26	7	5	65.5	-3.3
	2	26	0	=	48.4	=
	3	22	0	=	58.3	=
	4	28	0	=	58.8	=
	5	26	0	=	58.1	=
	6	26	0	=	57.6	=

Таблица 2. Суммарная инфильтрация через мерзлую почву осушенного торфяника в период снеготаяния

Даты наблюдений	Слой инфильтрации, мм						Среднее, мм
	т.1	т.2	т.3	т.4	т.5	т.6	
18-22.03. 1986 г.	22.6	29.5	27.0	30.5	18.5	17.5	21.4
23-28.03 1987 г.	7.1	6.7	4.5	7.8	6.6	5.8	6.4
23-26.03 1988 г.	25.6	23.5	27.5	25.0	26.0	27.0	25.8

Таблица 3. Площади водного зеркала (в кв.м) и глубины воды (в см) в понижениях рельефа после схода снега

Годы	т.1		т.2		т.3		т.4		т.5		т.6	
	S	h	S	h	S	h	S	h	S	h	S	h
	КВ. М	СМ	КВ. М	СМ	КВ. М	СМ	КВ. М	СМ	КВ. М	СМ	КВ. М	СМ
1986	80.	3	480	9	8100	11	200	10	1400	7	1040	10
1987	801	11	680	12	11000	15	500	11	2450	11	1230	9
1988	-	4	=	5	=	4	=	3	=	4	=	3

С целью выяснения причин, обусловивших наблюдаемые гидрологические условия, было проведено изучение послойно по разрезам водно-физических характеристик торфяной почвы по площади опытного участка. Типичный характер распределения по разрезам водно-физических свойств приведен в табл. 5.

Таблица 4. Максимальные УГВ (в см) и длительность инфильтрации воды из понижений после схода снега (в сут)

Годы	т.1		т.2		т.3		т.4		т.5		т.6	
	H,	T,	H,	T, сут	H,	T, сут	H,	T,	H,	T,	H,	T, сут
	см	сут	см		см		см	сут	см	сут	см	
1986	66	5	70	11	71	1170	12	71	8	70	9	
1987	24	13	29	13	=	14	=	14	38	13	50	13
1988	80	1	80	1	73	1	79	1	79	1	82	1

Проведенное изучение водно-физических свойств торфяной залежи показало, что плотность, зольность, коэффициенты фильтрации почвы изменяются послойно. Выделяется своими характеристиками подпахотный слой на глубине 20-30 см, который имеет, как правило, наименьший коэффициент фильтрации. Находящиеся глубже слои торфа имеют более высокие коэффициенты фильтрации. Более высокие коэффициенты фильтрации и в пахотном слое. Аналогичные данные по коэффициентам фильтрации получены на объекте "Калиновка" Любанского района, табл. 6.

Проявляется такая закономерность послойного изменения коэффициентов фильтрации торфяной залежи, находящейся длительно в сельскохозяйственном использовании: в пахотном слое и до глубины 30–40 см коэффициент фильтрации при равной объемной плотности возрастает с увеличением зольности, в слоях ниже 0.5 м наблюдается уменьшение коэффициента фильтрации при увеличении зольности. Эти закономерности соответствуют объемным плотностям: первая $\gamma = 0.06 - 0.40$, вторая - $\gamma > 0.50$. Для слоев торфяной почвы, расположенных до глубины 0.40 м, получена следующая расчетная зависимость коэффициента фильтрации по характеристикам объемной плотности и зольности:

$$K_{\phi} = \frac{a \cdot 10^{b \cdot z}}{\gamma^{\alpha}}, \quad (1)$$

где a, α, b - параметры:

$$a = 0.85 \cdot 10^{-6}, \alpha = 55.5, b = 0.065,$$

γ - объемная плотность, г/куб.см ;

z - зольность почвы, %,

$$6 < z < 40,$$

$$0.14 < \gamma < 0.40.$$

Наибольшее значение коэффициента фильтрации ограничивается величиной:

$$K'_{\phi, \max} < 2.7 \cdot (1 - \gamma \cdot \exp(-0.57 z)). \quad (2)$$

Изучение гидрологических условий мелкозалежных торфяников, используемых длительно в сельскохозяйственном производстве, показало, что в период снеготаяния инфильтрационное питание грунтовых вод через мерзлую торфяную почву по годам изменяется в зависимости от метеоусловий зимы. Весной в период снеготаяния на поверхности мезорельефа торфяной залежи формируется поверхностный сток, в понижениях образуются лужи, площадью от нескольких соток до гектара и более, обсыхание которых длится 10–14 суток, что при наличии посевов озимых приводит к их вымоканию. Установлено, что одной из причин длительного застоя воды в лужах является на-

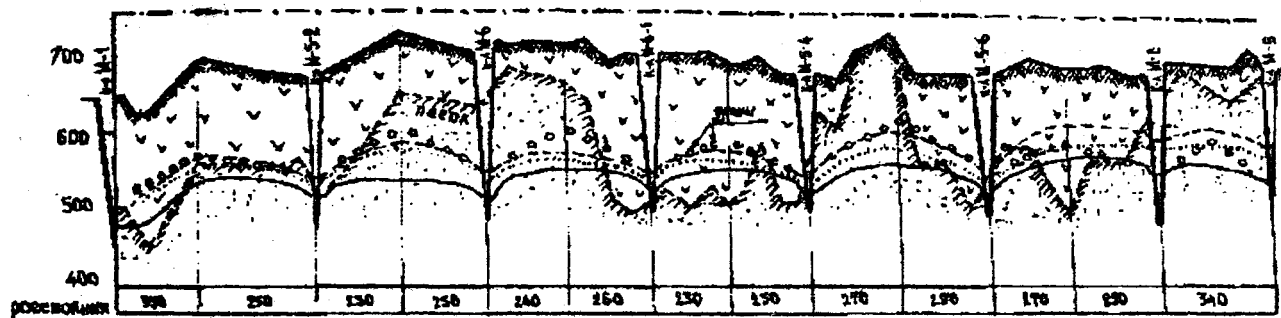


Рис. 1. Рельеф дневной поверхности и подстилающих торфяных грунтов болотного массива "Марьино" Любанского района (данные В. М. Зубца).

- - до осушения,
- xxxxxxxxxx - через 43 года после начала осушения,
- x x x x x x x x - дно торфяной залежи,
- o o - дрены,
- - УГВ средние за вегетацию.

личие ниже пахотного горизонта, в пределах обычных глубин промерзания, слоя с малыми коэффициентами фильтрации.

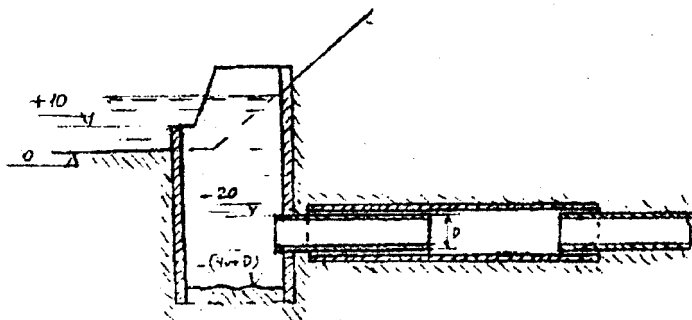


Рис. 2 Конструкция сопрягающего оголовка закрытой воронки (затопленного устья).

Результаты изучения гидрологических условий, приведенных выше, обуславливают необходимость организации поверхностного стока при реконструкции мелиоративных систем на старопахотных торфяниках с использованием засеваемых ложбин, трассируя их по естественным тальвегам стока. Сопряжение ложбин-тальвегов с проводящими каналами осуществляется закрытыми или открытыми воронками. Предпочтение следует отдавать воронкам с закрытыми сопрягающими водоводами, поскольку около каналов на расстоянии 30--50 м поверхность обычно выше, чем примыкающая территория, в силу неодинаковой сработки торфа, разравнивания кавальеров при отрывке каналов и их ремонте. Сопряжение водовода с каналом следует выполнять с учетом гашения энергии сбрасываемого в канал расхода воды. Простейшим сопрягающим устройством в этом случае является вертикальный оголовок затопленного устья, рис. 2 [4], устанавливаемый по следующей технологии. В устьевую часть уложенного водовода вдвигается патрубок длиной до 1 м заподлицо с обрезом водовода. Заготавливается оголовок, в котором на уровне $\frac{2}{3}$ длины устраивается отверстие по наружному диаметру патрубка, вставленного внутрь во-

довода. После этого оголовки устанавливают впритык к обрезу водовода и осаживают, выбирая грунт со дна, пока отверстие оголовка не совместится с патрубком. Патрубок выдвигают из водовода в боковое отверстие оголовка и монолитят. На дно оголовка делают отсыпку из гравия и щебня.

Расчет диаметра водовода выполняют, учитывая режим напоров, которые формируются в результате изменения уровней на входе и выходе (канале). Проводящие каналы в многоводные половодья (расчетные) обычно заполнены снегом, и уровни воды в них поднимаются к бровкам каналов. В последующем уровни воды в каналах понижаются при отсутствии течи подпоры от водоприемника достаточно интенсивно, рис. 3.

Таблица 5. Водно-физические характеристики торфяной почвы опытного участка на ПОМС

Место отбора образца	Глубина отбора образца, см	Плотность скелета почвы, г/см	Плотность твердой фазы почвы, г/см	Зольность, %	Пористость, %	Коэффициент фильтрации, м/сут
т. 2	0-10	0.23	1.63	38.7	87.3	2.40
	10-20	0.28	1.84	18.0	83.0	0.50
	20-30	0.22	1.58	11.2	85.4	0.15
	30-40	0.18	1.57	7.8	88.5	0.39
	40-50	0.20	1.59	12.0	87.4	1.28
	50-60	0.23	1.94	48.1	88.1	2.23
	60-70	1.43	2.81	98.6	46.2	0.70
т. 5	0-10	0.20	1.68	20.3	88.1	2.90
	10-20	0.30	1.67	19.1	81.5	0.30
	20-30	0.21	1.58	8.6	88.7	0.15
	30-40	0.19	1.56	10.0	87.8	0.60
	40-50	0.37	1.98	51.4	81.2	0.25
	50-60	1.36	2.58	95.9	46.5	2.58
	60-70	1.48	2.59	98.8	43.6	6.00

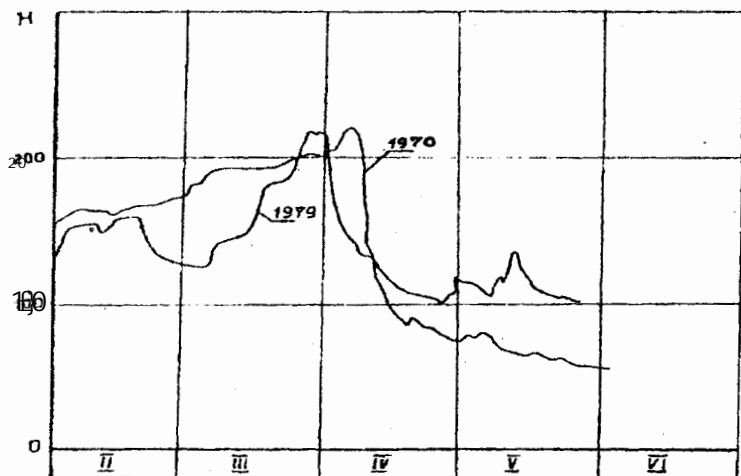


Рис. 3. Режим уровней в магистральном канале Ст. Ров - в/п Левки объекта "Глубонец"

Примем, что после начального периода накопления воды от снеготаяния на поле и сформировавшемся за это время начальном напоре H_H , изменение уровней и напоров линейно

$$H \equiv H_H + V_C \cdot t_C. \quad (3)$$

Вследствие изменения напора за время t_C будет отведен объем воды

$$\begin{aligned} W_{VC} &\equiv \int_0^{t_C} M \cdot \omega \cdot \sqrt{2g(H_H + V_C \cdot t_C)} dt = \\ &= M_{s1} \cdot \omega \cdot \sqrt{2g M_H} \cdot \frac{H_H}{1.48 K_C} \left[\left(1 + \frac{\Delta H_K}{H_H} \right)^{1.5} - 1 \right], \end{aligned} \quad (4)$$

где M_{s1} — коэффициент расхода системы,

$$K_S = \frac{L}{\sqrt{\xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{вых}} + \lambda \cdot \frac{L}{d}}} ; \quad (5)$$

здесь $\xi_{\text{вх}}$ $\xi_{\text{вых}}$ - коэффициенты местных гидравлических сопротивлений на вход и выход;

λ - коэффициент сопротивления по длине;

L, d - длина и диаметр водовода;

ω - площадь водовода; $\omega = \pi \cdot d^2/4$;

g - ускорение силы тяжести;

V_C - интенсивность снижения уровня воды в принимающем канале;

$H_H / V_C = t_1$ - время.

$\Delta H_K \triangleq V_C \cdot t_1$.

Таблица 6. Послойные коэффициенты фильтрации в торфяной залежи западин на объекте "Калиновка".

Глубина отбора об- разца, см	Профили отбора проб					
	т.1	т.2	т.3	т.4	т.5	т.6
0-10	0.23	0.19	1.05	0.045	-	-
10-20	0.28	0.35	0.97	0.17	0.032	0.05
20-30	0.10	0.08	0.91	3.9	0.64	0.08
30-40	0.40	0.48	0.58	-	0.08	0.12
40-50	1.02	0.66	0.46	-	12.8	4.2
50-60	2.74	1.90	1.52	-	-	-

Из уравнения (4) получаем зависимость для определения требуемого диаметра водовода, которая учитывает непостоянство напора вследствие изменения уровня в канале.

$$d = \sqrt{\frac{6 W \xi}{\pi \cdot K_S \cdot t_1 \cdot \sqrt{2g \cdot H_H} \left[\left(1 + \frac{\Delta H_K}{H_H} \right)^{1.5} - 1 \right]}}$$

Поскольку параметр μ_s зависит от искомого диаметра, то расчет ведется методом последовательного приближения.

При расчете необходимо установить объем воды W_s , который подлежит отводу. Для его определения необходимо учитывать особенности формирования луж на осушенных торфяниках, находящихся в длительном сельскохозяйственном использовании.

Проанализируем показатели водного баланса луж, полученные в результате измерений на Полесской ОМС. Для этого сопоставим измеренные общие запасы воды, образовавшиеся объемы воды от таяния снега и объемы инфильтрации за время снеготаяния в границах оконтуренных урезами воды наблюдаемых луж, табл. 7.

Соотношения $K_v = W : V_s$ и $K_i = W_{in} : V_s$ и их сумма по точкам измерений показывают, что запас воды в снеге и выпавших во время таяния осадков был больше объема луж и инфильтрации, измеренной инфильтрометрами по этим же точкам. Это свидетельствует, во-первых, что поверхностного притока с примыкающих площадей к лужам по всей вероятности не было, во-вторых, инфильтрометры с площадью водоприемной поверхности 200 см² не полностью измеряют инфильтрацию. Часть ее, идущая по трещинам, ходам землероев, таликам в бороздах, не охвачена измерением. В 1986 г. это составило около 8 %, в 1987 г. - 31 % от общих запасов воды за период снеготаяния.

По наблюдаемым данным можно представить такой механизм формирования луж весной на осушенных торфяниках: при наступлении положительных температур снег начинает таять, талая вода насыщает снег, при подъеме уровня талой воды выше неровностей почвы происходит слияние смежных насыщенных водой участков снега с выравниванием их свободной поверхности фильтрацией по насыщенному водой слою снега при одновременной инфильтрации через мерзлый слой торфа. К концу снеготаяния слившиеся участки талой воды в понижениях на ПОМС содержали 56-62 % общего запаса воды в снеге и осадков за время снеготаяния.

Скорость движения воды в мокром снеге на малоуклонной территории осушенного болота составляет 4-10 см/сут. За 10 сут. таяния снега физические молекулы воды перемещаются в таких условиях на 0.4-1.0 м, т.е. практически талая

Таблица 7. Показатели аккумуляции и инфильтрации талых вод в лужах на Полесской ОМС.

весна 1986 г.						весна 1987 г.					
т.1	т.2	т.3	т.4	т.5	т.6	т.1	т.2	т.3	т.4	т.5	т.6
Общий запас воды по линии уреза луж, куб. м. $V_s = (X+h)$											
4.65	27.9	470	11.6	31.4	60.4	73.2	62.2	1005	45.8	224	112.6
Объем талой воды в понижениях, V, куб. м.											
4	13	208	4.6	44.3	38.4	38	42	570	30.0	126	85
Объем инфильтрации по инфильтрометрам, V_n , куб. м.											
1.8	14.1	219	8.1	26.0	18.2	5.67	4.55	49.5	3.88	16.1	7.06
$K_i = V_n : V_s$											
0.39	0.508	0.466	0.525	0.319	0.302	0.078	0.073	0.049	0.085	0.072	0.063
$K_v = V : V_s$											
0.86	0.466	0.443	0.397	0.543	0.637	0.518	0.675	0.586	0.655	0.563	0.756
$K_i + K_v$											
1.25	0.974	0.909	0.922	0.862	0.939	0.596	0.748	0.615	0.740	0.635	0.819

вода в снегу остается на том же месте, где образовалась. Только после выхода уровня талых вод на поверхность снега образуется заметное их стекание. Следовательно, лужи образуются в микропонижениях в период снеготаяния на том же месте, где снег тает.

Насыщение снега водой произойдет, когда количество растаявшего снега сравняется с водовместимостью оставшегося слоя снега.

Слой снега, насыщенный талой водой к моменту поверхностного стекания, будет

$$H_{CH} = \frac{h}{\gamma_{CH} (1 - \gamma_{CH} / \rho_L)} \quad (7)$$

где h - запас воды в снеге до снеготаяния;

γ_{CH} - объемная плотность снега;

ρ_L - плотность льда.

Таяние слоя снега H_{CH} определяет время формирования луж поверхностным стоком талых вод, t_n . рассчитать это время можно, определив сумму среднесуточных температур, необходимых для таяния H_{CH} , используя температурный коэффициент таяния $h_t = 4-5$ мм/1 °С и режим температуры воздуха расчетной весны.

$$W_C \approx (h_S - I \cdot T_{CH}) \cdot f_{зап} \quad (8)$$

где I - интенсивность инфильтрации, мм;

T_{CH} - длительность снеготаяния, сут;

$f_{зап}$ - площадь водосбора западины, кв. м.

Если действующий напор не зависит от изменения уровня воды в канале, то расчетный расход будет равен:

$$Q = W_C / (\tau - T_{nL}) \quad (9)$$

где τ - время полного таяния снега;

T_{nL} - время подъема талой воды до поверхности снега.

На малоуклонных территориях, в неровностях почвы остаются заполненные рытвины с глубиной воды 3-5 см, табл. 3. Для отвода остаточной талой воды и осушения пахотного го-

ризонта в ложбинах, при использовании земель в полевом севообороте целесообразно по оси тальвега ложбины устраивать подложбинный коллектор и проводить по оси тальвега рыхление подпахотного горизонта на глубинах 0,4-0,5 м.

В случаях, если рекомендуемые агромелиоративные мероприятия не предусматриваются, следует изменить севооборот и использовать такие земли преимущественно под многолетние травы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Окулик Н.В. и др. Изменение агрогидрологических свойств сработанных торфяников // Мелиорация и экология: аспекты рационального использования водных и земельных ресурсов. - Мн., БелНИИМВХ, 1991. - С. 92-99.
2. Трибис. В.П. Торфяные почвы: состояние и прогноз. - Мн.: Ураджай, 1991. - 144 с.
3. Калюжный И.Л. и др. Гидрофизические исследования при мелиорации переувлажненных земель. - Л., Гидрометеиздат, 1988. - С. 260.
4. Закржевский П. И. Постоянно затопленный дренаж. - Мн.: Ураджай, 1982. - 128 с.

УДК.631.6:502.7

И. В. Минаев

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ДРЕНАЖА ОТ ДВУХ И БОЛЕЕ ПЕРЕМЕННЫХ

В работе [1] рассмотрена функция цели от двух переменных для элементарной дренажно-увлажнительной системы (ЭДУС), состоящей из коллектора, дрен и водоподводящего канала. Непосредственное вычисление значений функции цели позволяет приблизительно определить два